

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för markvetenskap
Avd för hydroteknik
750 07 UPPSALA 7

BIBLIOTEKET

HYDROLOGI

NILS BRINK

STENCILTRYCK NR 32

INSTITUTIONEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK
UPPSALA 1966

Institutionen för lantbrukets hydroteknik delger bl. a. i sin tidskrift *Grundförbättring* resultat från institutionens olika verksamhetsgrenar. Allt material blir emellertid inte föremål för tryckning. Undersökningsresultat av preliminär natur och annat material som av olika anledningar ej ges ut i tryck delges ofta i stencilerad form. Institutionen har ansett det lämpligt att redovisa dylikt material i form av en i fri följd utarbetad serie, benämnd stenciltryck. Serien finns endast tillgänglig på institutionen och kan i mån av tillgång erhållas därifrån.

Adress: Institutionen för lantbrukets hydroteknik, *Uppsala 7*

Stenciltryck

Nr	År	Författare och titel
1—12		Aug. Håkansson, Gösta Berglund, Janne Eriksson. Redogörelse för resultaten av täckdikningsförsöken åren 1951—1962.
13—15		Aug. Håkansson, Gösta Berglund, Janne Eriksson, Waldemar Johansson. Resultat av täckdikningsförsök och bevattningsförsök åren 1963—1965.
16	1940	Gunnar Hallgren. Dalgångarna Fyrisån-Östersjön; några hydrotekniska studier.
17	1942	Gunnar Hallgren. Om sambandet mellan grundvattenståndet och vattennivån i en recipient.
18	1943	Gunnar Hallgren. Om sambandet mellan nederbörd och skördeavkastning.
19	1952	Sigvard Andersson. Kompendium i agronomisk hydroteknik. Elementär hydromekanik.
20	1952	Sigvard Andersson. Kompendium i agronomisk hydroteknik. Tabeller och kommentarer.
21	1960	Sigvard Andersson. Kapillaritet.
22	1961	Sigvard Andersson. Markens temperatur och värmehushållning.
23	1962	Waldemar Johansson. Bevattningsförsök i potatis, korn och foderbetor vid Tönnersa försöksgård 1959—1961.
24	1962	Waldemar Johansson. Metodik och erfarenheter vid användning av hållkort för undersökning av torrlägningsförhållanden och ytsänkning vid Nedre Olandsån.
25	1962	Waldemar Johansson. Utredning för förslag till bevattningsanläggning vid Sör, Salbo, Salbohed, Västmanlands län.
26	1963	Sigvard Andersson. Skrivningar i agronomisk hydroteknik.
27	1964	Gösta Berglund och Stig Sjöberg. Undersökning av plaströrstäckdikningar.
28	1964	Aug. Håkansson. Anvisning rörande täckdikning med plaströr av styv PVC.
29	1966	Gösta Berglund. Vattendragförbundet: Förslag till överenskommelse och stadgar samt något om kostnadsfördelningar.
30	1966	Tryggve Fahlstedt. Kvismaredalsprojektet — en orientering samt Redogörelse för undersökning i syfte att klargöra avkastningens beroende av högvattenstånden i Kvismare kanal.
31	1966	Gunnar Hellgren. Vattenrätt.
32	1966	Nils Brink. Hydrologi.

HYDROLOGI

Av Nils Brink

Flodområde

Ett vattendrags insamlingsområde benämnes flodområde. Synonymt användes nederbördsområde, avrinningsområde och vattenområde.

Den topografiska avgränsningen (vattendelaren uppsökes) görs med hjälp av kartor (generalstabens karta, konceptkarta, fotokarta). Vid små nederbördsområden är det dessutom ofta nödvändigt att göra kompletteringar i fält.

Landet indelas enligt Svensk författningssamling (1922:191) i 118 huvudflodområden med numrering från norr till söder. Öland och Gotland utgör egna huvudflodområden. Huvudflodområdena, som är större än 200 km^2 , omfattar tillsammans $416\,000 \text{ km}^2$ medan mindre flodområden avvattnar $32\,000 \text{ km}^2$.

Hydrografiens grundekvation

Vattnets kretslopp i naturen kan beskrivas med hjälp av hydrografiens grundformel

$$N = E + A_y + A_u + \Delta M_y + \Delta M_u, \quad (1)$$

där N är nederbörd, E avdunstning, A_y ytvattenavrinning, A_u grundvattenavrinning, ΔM_y magasinering på markytan (snö, ytvatten) och ΔM_u magasinering under markytan (grundvatten).

Om man tar tillräckligt lång tid i betraktande kan magasineringen försummas dvs.

$$\Delta M = \Delta M_y + \Delta M_u = 0. \quad (2)$$

Man får då

$$N = E + A_y + A_u. \quad (3)$$

För ett avgränsat område, som kan vara ett vattendrags nederbördsområde, utgör A_y den del av avrinningen som lämnar området genom

vattendraget och A_u det vatten som passerar områdets yttre begränsning i form av grundvatten. A_u kan vara sammansatt av både positiva och negativa komponenter.

Om man sätter $A_y + A_u = A$ övergår (3) till den ofta använda formeln

$$N = E + A. \quad (4)$$

För hela jordklotet gäller

$$N = E. \quad (5)$$

Storleken av nederbörden och avdunstningen för jordklotet anges av Drenkhahn (cf. Feilberg & Feilberg 1955) till:

Mängd ...	(km ³ /år)	(mm/år)	(%)
Avdunstning från havet	384 000	750	82
Avdunstning från land	81 300	160	18
Nederbörd	465 300	910	100

I det följande skall nederbörd, avdunstning och avrinning behandlas var för sig.

Nederbörd

Till nederbörd räknas regn, hagel (fruset regn), snö (kondensation under 0°C), dagg (kondensation mot en fast yta) och rimfrost (daggbildning vid temperaturer under 0°C).

1. Nederbördens uppmätning

Genom Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) försorg uppmättes nederbörden vid ca 900 stationer i landet. Härvid användes särskilt konstruerade regnmätare, som ibland kan vara försedda med skrivare; pluviograf.

Vintertid kompletteras nederbördsmätningarna med snömätningar som består i mätning av snötäckets tjocklek och snöns vattenvärde. Vattenvärdet stiger ju längre snön får ligga och kan variera mellan 0,08 och 0,45 eller mera.

2. Nederbördens variation och fördelning

(a) Tidsvariation. Vårt land har utpräglad kontinental nederbördsfördelning med hög nederbörd på sommaren (juli-augusti) och låg nederbörd på senvintern. Exempel härpå återfinnes i fig. 1, som avser ne-

derbörden i Uppsala (•) och Ultuna (o) åren 1893-1964 (Sandsborg 1966); årsmedeltalen för de två platserna var 547 resp. 523 mm. Maritim nederbördsfördelning innebär torr sommar men regnig höst och vår. Antalet nederbördsfria dagar i Sverige är i medeltal 150 per år.

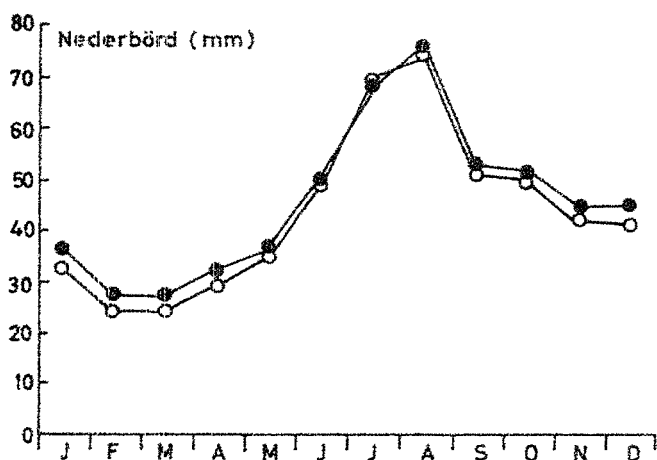


Fig. 1

(b) Geografisk variation. Årsnederbörden framgår av nederbördskartan i fig. 2 (Atlas över Sverige). Följande hållpunkter kan ges:

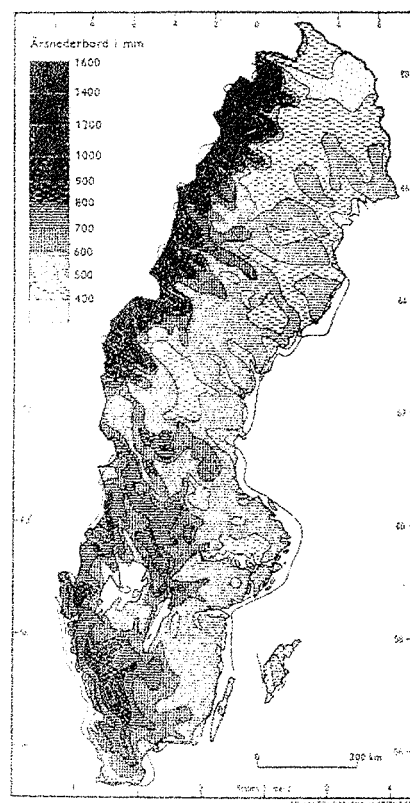


Fig. 2

Del av landet	Nederbörd (mm/år)
Västra	700-1600
Östra	500-600

För de hydrologiska förhållandena är upplagringen i form av snö och snöperiodens längd av synnerlig vikt. Av den totala årsnederbörden upplagras sålunda som snö:

Del av landet	Snöupplagring (%)
Västkusten	10-15
Småland	15-25
Dalarna	30
Norrland	40

Påfrestningarna på vattendragen stiger med dessa procenttal.

Antalet dagar med snötäcke i olika delar av landet framgår av följande sammanställning:

Del av landet	Snötäcke (dygn/år)
Skåne	20-60
Övr Götaland	40-120
Svealand	100-180
S. Norrland	120-200
N. Norrland	180-240

Avdunstning

Avdunstningen eller evapotranspiration är en av de viktigaste processerna i naturen. Solen är direkt kraftkälla.

1. Avdunstningens uppmätning

Ett allmänt matematiskt samband för avdunstningen E är

$$E = E(T, v, h, \dots), \quad (6)$$

där de oberoende variablerna representerar atmosfäriska faktorer (temperatur, vindstyrka, luftfuktighet, ...) och ytfaktorer. Teoretiskt finns tre sätt ((a), (b) och (c) nedan) att närma sig problemet, varvid slutmålet är att finna explicita uttryck för (6). Direkt uppmätning av avdunstningen ((d) nedan) med hjälp av speciell apparatur kan också under vissa omständigheter göras.

(a) Vattenbalansbetraktelse. Man utgår från hydrografiens grundformel (4), som skrives

$$E = N - A, \quad (7)$$

där sålunda E är avdunstningen, N nederbörden och A avrinningen. De storheter som mätes är nederbörden och avrinningen. På grundval av dylika data (årsmedeltal) från 53 svenska flodområden har Tamm (1959) kommit fram till följande uttryck för avdunstningen

$$E = 221,5 + 29,0 T_0, \quad (8)$$

där T_0 är årsmedeltemperaturen ($^{\circ}\text{C}$) för flodområdet (fig. 3).

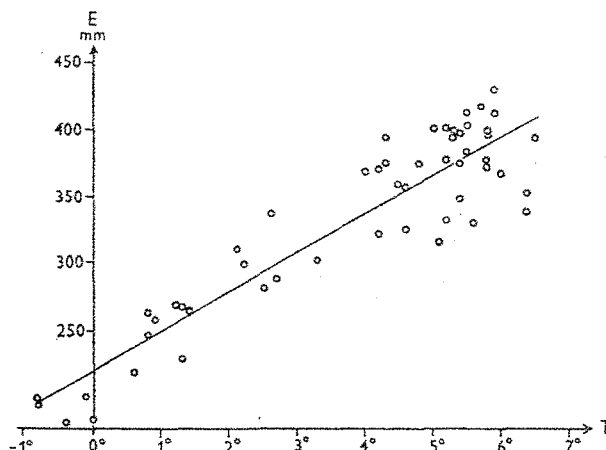


Fig. 3

(b) Energibalansbetraktelse. Man utgår från den instrålade energien, som genom ångbildningsvärmets kan transponeras till avdunstning. Matematiskt kan det allmänt uttryckas

$$E = E(R_n(r, T^4, e_d)), \quad (9)$$

där R_n är nettosolinstrålning, r reflektionskoefficient mot marken, T absolut temperatur ($^{\circ}\text{K}$) och e_d ångtryck. Metoden fordrar invecklad mätapparat. Den är lämplig vid överslagsberäkningar. (Methods of soil analysis 1965.)

(c) Masstransportbetraktelse. Utgångspunkt är vattenångans rörelse tillsammans med ångtrycket vid olika nivåer i luftrummet, vanligen är den ena nivån avdunstningsytan (vattenytan eller markytan). Man har här att göra med en mycket komplicerad teori. Rent empiriskt har följande formel (Dalton 1802) visat sig användbar

$$E = f(v)(e_s - e_d), \quad (10)$$

där $f(v)$ är en funktion av den horisontella vindhastigheten v samt e_s och e_d ångtrycket vid olika nivåer. Funktionen $f(v)$ sattes ursprungligen konstant. Bland andra uttryck som sedermera använts skall följande av Fitzgerald (1866) uppställda anges

$$f(v) = a + bv, \quad (11)$$

där a och b är konstanter. Värden på dessa erhålles empiriskt, t.ex. genom avdunstning från öppna kärl. Fitzgerald anger värdena $a = 0,40$ och $b = 0,199$.

Bland de som på senare år angripit problemet med avdunstningen må Penman (1948, 1956) nämnas. Denne har utvecklat en i vida kretsar accepterad metod, som kan sägas bygga på en kombination av en energibalans- och masstransportbetraktelse. Det må emellertid framhållas att Penman beräknar den potentiella (= högsta möjliga) evapotranspiration, medan övriga betraktelser avser den aktuella.

(d) Direkt uppmätning. Uppmätning av avdunstningen kan när det gäller en fri vattenyta utföras med hjälp av en evaporimeter; ett öppet kärl som placeras i vattenytan. Andra typer av evaporimetrar för avdunstningsmätningar på land finns även. Här kan nämnas en dylik konstruerad 1956 av laborator Sigvard Andersson vid Lantbrukshögskolan. Mätresultaten från evaporimetrar, som ofta är väl reproducerbara, är svåra att överföra på fältförhållanden.

På fastmark uppstår stora svårigheter vid direkta mätningar. Sådana kan ske i en lysimeter, dvs. en behållare med jord och anordningar för vägning. Eftersom man här måste kunna registrera små viktsförändringar i stor massa (gram mot ton) blir osäkerheten stor. Även andra invändningar mot metoden kan göras.

2. Avdunstningens variation och fördelning

(a) Tidsvariation. Avdunstningens tidsvariation är mycket stor under ett och samma år med maximum under sommarmånaderna. Den kan då uppgå till 5 å 10 mm per dygn. Tidsvariationen framgår av ett danskt försök som åskådliggöres i fig. 4. Diagrammet avser månadsmedeltal för åren 1956-64 av avdunstningen från en 12 m² fri vattenyta (Aslyng 1965). Den totala avdunstningen för nämnda tidsperiod var i medeltal 568 mm. Från år till år är variationen liten.

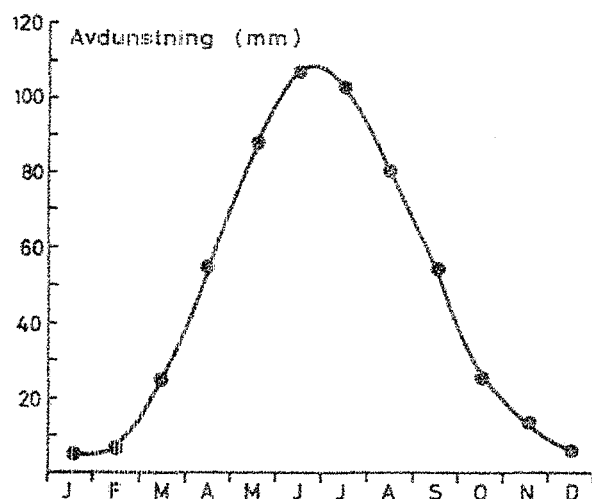


Fig. 4

(b) Geografisk variation. Avdunstningen ökar i Sverige från norr till söder. För de 53 flodområdena i Tamms (1959) arbete är den lägsta avdunstningen 183 mm (Sangisån, Kukkasjärvi) och den högsta 430 mm (Helgeån, Möckeln). (Fig. 5.)

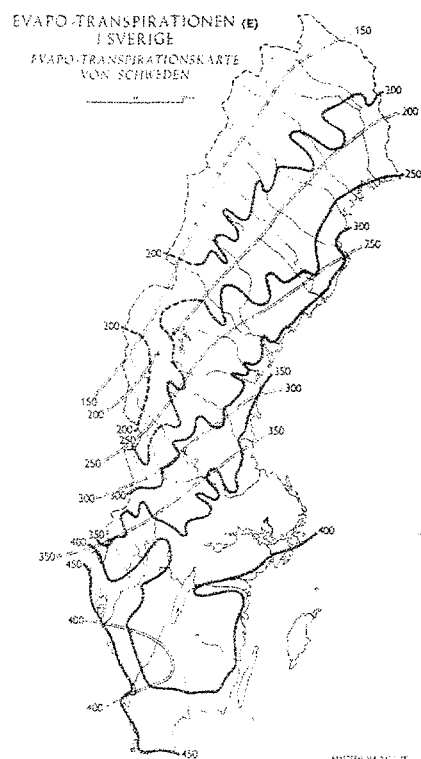


Fig. 5

(c) Humiditet. Klimatets humiditet (fuktighetsgrad), som är ett uttryck för relationerna mellan nederbörd, avdunstning och avrinning har siffermässigt beskrivits på flera olika sätt. Lang (1920) använde uttrycket

$$H_L = N/T_0, \quad (12)$$

där H_L är Langs humiditetstal, N nederbörden och T_0 årsmedeltemperaturen. I Sverige har ett uttryck enligt de Martonne (1926) kommit till stor användning:

$$H_M = N / (T_0 + 10), \quad (13)$$

där H_M är de Martonnes tal. Genom tillägget 10 i nämnaren undvikas att denna blir noll, vilket kan inträffa vid låga medeltemperaturer.

Tamm (1959) gör vissa invändningar mot de Martonnes tal och föreslår själv

$$H_T = N - E, \quad (14)$$

där H_T är Tamms humiditetstal, N nederbörden och E avdunstningen. Vid beräkningarna användes för N vanliga nederbördsdata och för E sådana statistiska samband som beskrivs genom likheten (8). I själva verket innebär Tamms humiditetstal ett slags utjämnad avrinning. I fig. 6 visas vegetationsperiodens humiditet i Sverige enligt de Martonne (Atlas över Sverige) och i fig. 7 Sveriges humiditetsregioner enligt Tamm (1959).

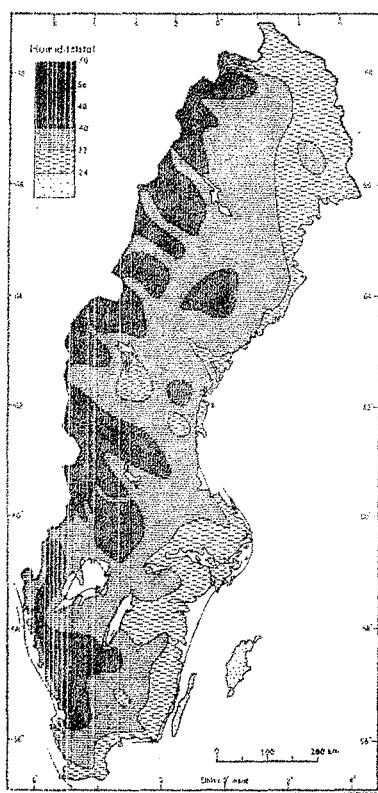


Fig. 6

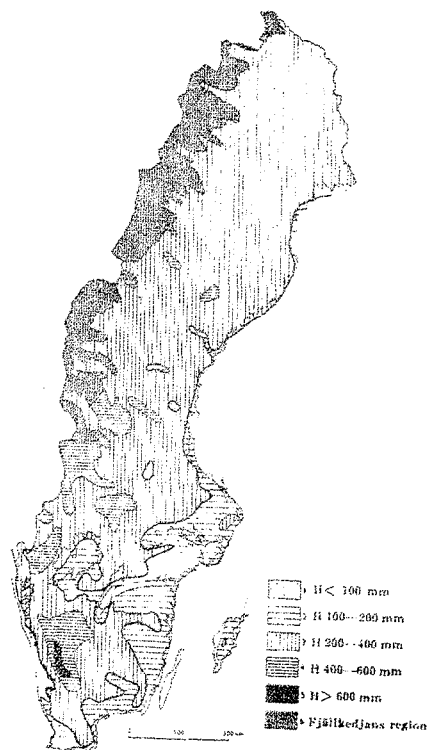


Fig. 7

3. Faktorer påverkande avdunstningen

Avdunstningen bestäms till sin storlek av de atmosfäriska förhållandena och av ytfaktorerna (vattnens och markens egenskaper). Följande resultat från danska försök utförda av Colding (1860) och Westermann (1919) får illustrera direkta mätningar med evaporimetrar och lysimetrar och samtidigt exemplifiera några viktiga fakta rörande avdunstningen.

Colding 1849-59

Nederbörd (mm/år)	548
Avdunstning från fri vattenyta (mm/år)	711

Westermann 1911-13

Avdunstning under vegetationstiden (mm)...	Lerjord	Sandjord
Obevuxen mark	191	160
Bevuxen mark (havre)	710	630

(a) Atmosfäriska förhållanden. Hit räknas temperatur, luftfuktighet (relativ fuktighet) och vind; avdunstningen stiger med (i) stigande temperatur, (ii) avtagande luftfuktighet och (iii) stigande vindstyrka.

(b) Ytfaktorer. Hit räknas salthalt, jordart, markfärg, markgenomsläpplighet, marklutning (topografi) och vegetation; avdunstningen är (i) större från sötvatten än från saltvatten, (ii) större från fri vattenyta än från land, (iii) större vid mörk än vid ljus markfärg (vit 100, svart 132), (iv) större från svärgenomsläpplig än från lättgenomsläpplig mark samt större från plan än från sluttande mark (avrinningen) och (v) större från bevuxen än från obevuxen mark (växternas transpiration).

Avrinning

Den del av nederbörden som faller på land rinner antingen av som ytvatten (dagvatten) i de rinnande vattendragen eller sjunker ned till grundvattnet varifrån det senare kan ta olika vägar. Slutmålet är alltid havet.

1. Hydrometri

Kännedomen om avrinningens storlek och variation är av stor vikt vid projektering av vattenbyggnader; kraftverk, kanaler, öppna och täckta diken. Vid många hydrobiologiska och limnologiska undersökningar gäller samma sak. Mättekniken (hydrometrien) är väl utvecklad för mätning av ytvattenavrinningen. Grundvattenavrinningen är svår att komma åt. I det följande behandlas endast ytavrinningen, varvid inom hydrauliken gängse beteckningar användes.

Vi utgår från kontinuitetsekvationen

$$q = vA, \quad (15)$$

där q är vattenföringen, v vattenhastigheten och A tvärsektionsarean. Denna formel kan användas direkt ifråga om större vattendrag, varvid hastigheten vanligen bestämmas med hjälp av en hydraulisk flygel ibland

även med flytkroppar och s.k. pitotrör. Tvärsektionsarean bestämmes genom direkt uppmätning. Vid mätningar i små vattendrag är det ofta möjligt att ordna uppdämningar av olika slag varigenom nivåskillnader uppkommer. Vattenföringen är då en funktion av denna nivåskillnad, vanligen kallad tryckhöjden h

$$q = q(h). \quad (16)$$

Vanligt förekommande anordningar är överfall (skibord) och venturirännor. I vissa fall kan vippkärl komma till användning.

(a) Den hydrauliska flygeln består av en propeller, som driver ett räkneverk. Vattnets strömhastighet är en funktion av propellerhastigheten

$$v = a + bn, \quad (17)$$

där a och b är konstanter och n är antalet varv per tidsenhet. Flygeln bör kalibreras med jämna mellanrum.

Flygelmätningarna försiggår i den uppmätta tvärsektionen utefter s.k. vertikaler (fig. 8). De erhållna hastigheterna inprickas i diagram mot djupläget (z), varefter ytan under hastighetskurvan bestämmes exempelvis genom planimetrering. Värdet av de sålunda beräknade ytorna, som kan uppfattas som rektanglar med basen lika med en längdenhet, avsättes i ett diagram mot vertikalens läge från tvärsektionens ena kant räknat. Medelhastigheten v_0 i sektionen erhålles därpå genom tillämpning av integralkalkylens medelvärdessats (planimetrering av ytan under kurvan och division av resultat med sektionens bredd b i vattenytan). Slutligen beräknas vattenföringen ur kontinuitetsekvationen (15), där v sättes lika med v_0 .

(b) Flytkroppar består i princip av flöte och sänke så avpassade mot varandra att hela kroppen hålles i vertikal ställning i vatten. Sänket bör gå så nära botten som möjligt utan att stöta i. Man erhåller härvid direkt medelhastigheten för vertikalerne.

Själva mätningen bör ske på en sträcka av vattendraget med jämn tvärsektion och utföras i flera vertikaler. Tid tages mellan två sektioner; den första efter en viss flytsträcka.

(c) Avbördningskurvan. I regel är det lämpligt att samtidigt med mätning av vattenföringen även mäta vattenståndet i vattendraget. Detta kan ske med hjälp av fasta och självregistrerande peglar. Med kännedom om vattenföringen vid olika vattenstånd uppgöres en avbördningskurva

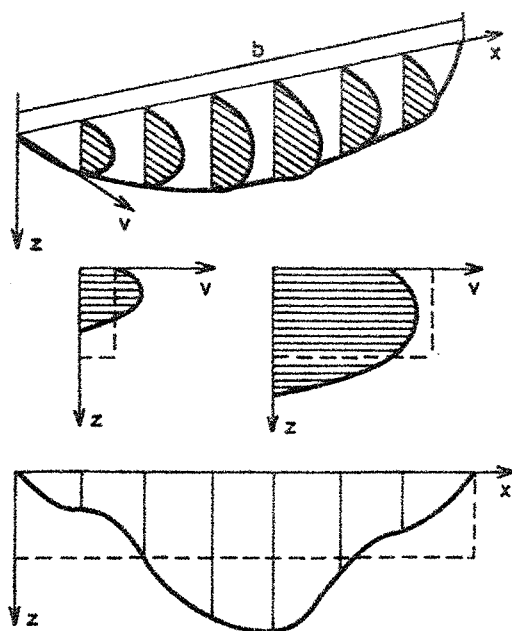


Fig. 8

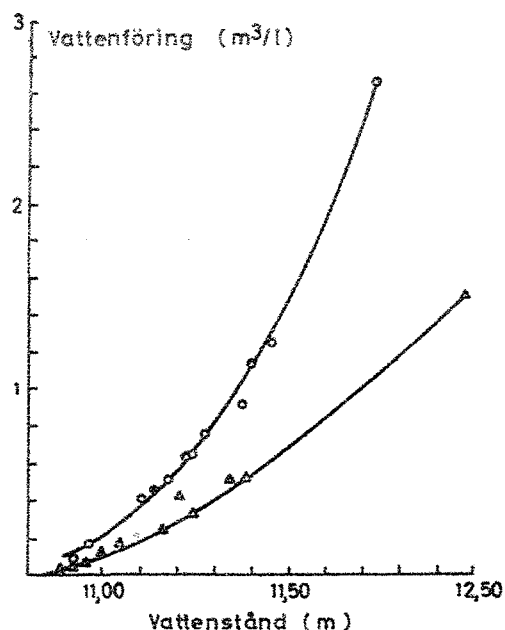


Fig. 9

$$q = q(h), \quad (18)$$

där q är vattenföringen och h vattenståndet. Vattenföringen kan med kännedom om vattenståndet härigenom erhållas vid varje tidpunkt. Pegelmätningar utföres på ett 1000-tal platser i landet av SMHI. I fig. 9 återges två avbördningskurvor för en mätstation i Sävjaåns vattensystem (Brink 1966): \circ , höst, vinter, vår; \triangle , sommar; $\circ\triangle$, triangulärt överfall; $\bullet\triangle$, flygel.

(d) Överfall. Här skall ges formler för två typer av överfall, nämligen det rektangulära (U-formade) och det triangulära (V-formade). Uppdämningen sker genom fördämning. För ett rektangulärt fritt skarpkantat överfall (fig. 10) gäller,

$$q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} h^{3/2} \quad (19)$$

och för ett triangulärt fritt skarpkantat överfall (fig. 11)

$$q = \frac{8}{15} \mu \tan \alpha \sqrt{2g} h^{5/2} \quad (20)$$

Sätter man i (20) $2\alpha = 90^\circ$ erhålles formeln för ett s.k. Thomson-ski-bord

$$q = \frac{8}{15} \mu \sqrt{2g} h^{5/2} \quad (21)$$

I dessa uttryck är q vattenföringen (m^3/s), μ en konstant med värdet 0,55-0,65, b bredden (m), g tyngdaccelerationen (m/s^2) och h tryckhöjden (m).

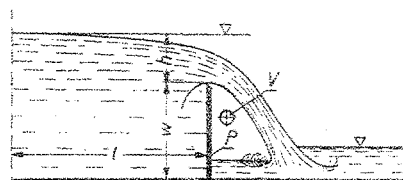
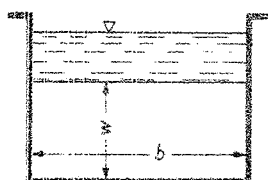


Fig. 10

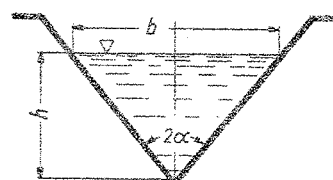


Fig. 11

(e) Venturirännan. Uppdämningen sker här genom strypning från (a) sidan, (b) botten eller (c) sidan och botten (fig. 12, Troskolanski 1960). Under vissa förutsättningar gäller följande uttryck med de i figurerna införda beteckningarna

$$q = \mu b h_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad (22)$$

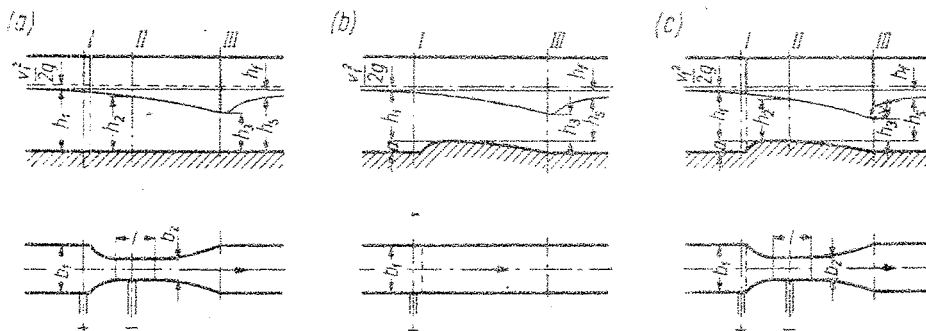


Fig. 12

Vid utnyttjandet av de under (d) och (e) ovan beskrivna anordningarna är det ofta lämpligt att använda självregistrerande peglar för registrering av tryckhöjderna. Sådana peglar måste alltid konnekteras till fasta peglar för att utvärderingen av mätvärdena skall kunna göras användningsfritt.

(f) Vippkärl. Vid mätning av mycket små vattenföringar kan det vara lämpligt att använda tvåsidiga vippkärl (fig. 13), vars avdelningar växelvis fylles och tömmer. Tömningen sker alltid vid samma fyllnads-

grad. Antalet vippningar kan registreras med hjälp av en färdskrivare, varvid även tidpunkten för tömningen erhålles.

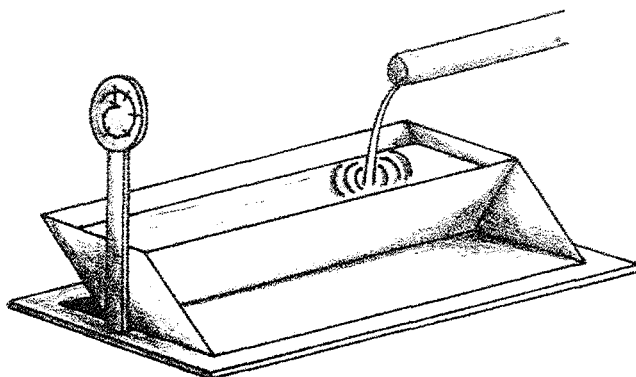


Fig. 13

2. Avrinningens variation

Avrinningen är ytterst beroende av nederbörden. På grund av fördröjning på och under markytan utjämnas avrinningen i förhållande till nederbörden. Olika begrepp har införts för beskrivning av avrinningens variation.

(a) Tidskurvan. Avrinningen avsättes mot tiden i ett rätvinkligt koordinatsystem. I fig. 14 visas förhållandena i ett litet vattendrag (Lillån, Vaksala, 1963).

(b) Varaktighetskurvan. Det förhållandet att ett visst vattenstånd uppnåtts eller överskridits ett bestämt antal dygn under ett år åskådliggöres i ett diagram (fig. 15, Lillån, 1963).

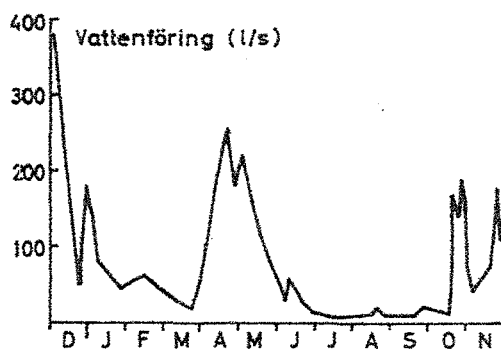


Fig. 14

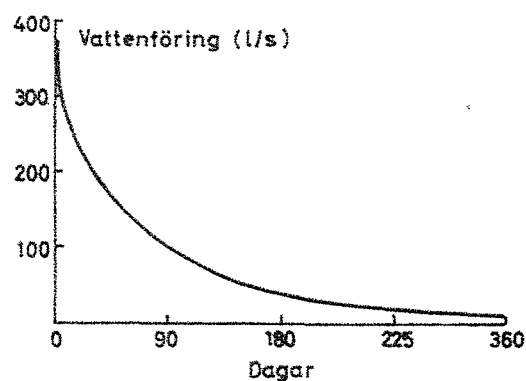


Fig. 15

(c) Karakteristiska vattenstånden. Följande förkortningar och definitioner förekommer:

LLVY, extrem lågvattenyta; det lägsta vattenstånd som någonsin uppmätts.

LVY, normal lågvattenyta; medeltal av en mängd lågvattenminima.

MVY, medelvattenyta; medeltal över en följd av år.

VegVY, vegetationstidens medelvattenyta; medeltal över en följd av år av vegetationstidens vattenstånd.

HVY, normal högvattenyta; medeltal av en mängd högvattenmaxima.

HHVY, extrem högvattenyta; det högsta vattenstånd som någonsin uppmätts.

Motsvarande begrepp finns för vattenföringarna. Beteckningarna är LLVQ, LVQ, MVQ, VegVQ, HVQ och HHVQ.

(d) Frekvenskurvan. Det antal dygn då vattenståndet varierat inom bestämda intervall åskådliggöres i ett diagram. Exempel härpå ges i fig. 16, som avser förhållandena i Sävjaån (Kuggebro) under år 1963.

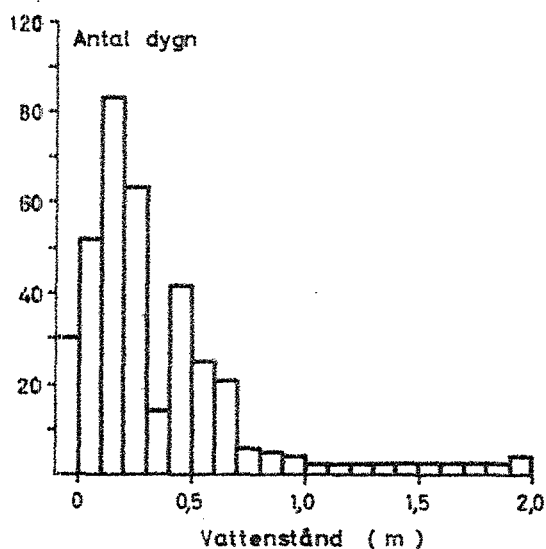


Fig. 16

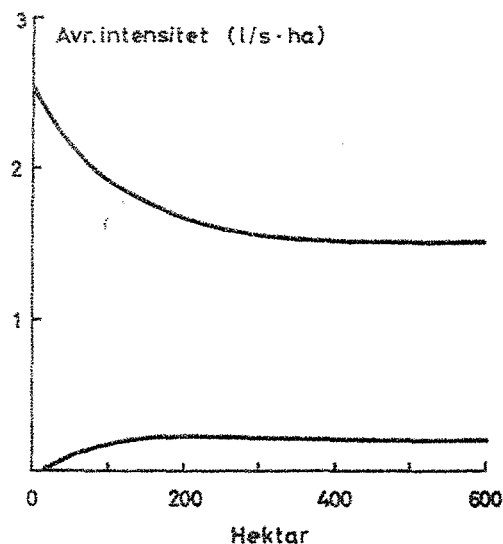


Fig. 17

(e) Avrinningens intensitet. Avrinningen från ett område anges i mängd per yti- och tidsenhet ($\text{l/s} \cdot \text{ha}$, $\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$). Av ett alldeles särskilt intresse är högvattenavrinningen, som är dimensionerande faktor vid vattenbyggnader. Diagrammet i fig. 17 ger en uppfattning om intensiteten i avrinningen från åkerjord. Från skogsmark kan man räkna med ungefär 20 % lägre värden. I tätbebyggda områden med sluten bebyggelse uppgår den till mellan 30 och 100 $\text{l/s} \cdot \text{ha}$ beroende på områdets storlek.

3. Faktorer påverkande avrinningen

Avrinningen är starkt beroende av en rad yttre faktorer varvid de meteorologiska faktorerna är pådrivande och de olika markfaktorerna är

mer eller mindre utjämnande. Detta kan åskådliggöras genom ett diagram. I fig. 18, som avser förhållandena i Lillån (Vaksala) under år 1963-64, har semilogaritmisk framställning använts.

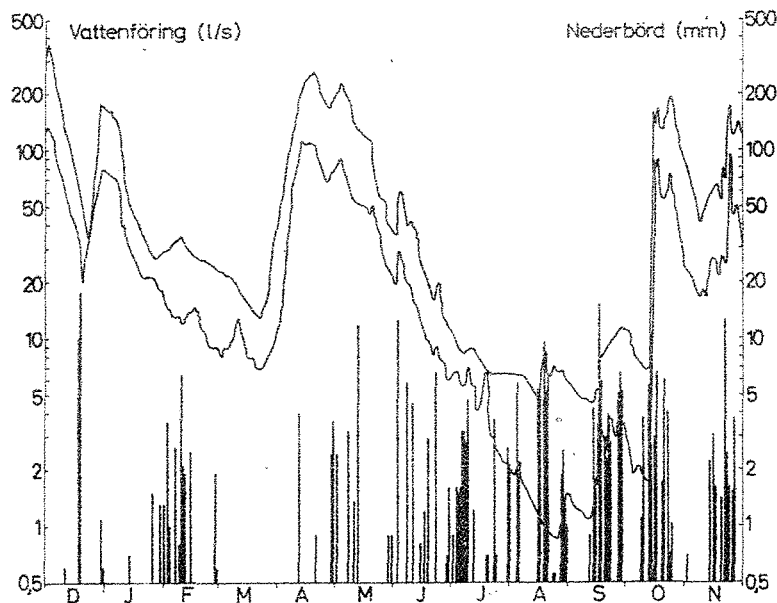


Fig. 18

(a) Meteorologiska faktorer. De meteorologiska faktorer, som påverkar avrinningen genom avdunstningen, har redan behandlats. Avdunstningen är betydelsefull i alla delar av landet. Ett direkt uttryck härför är Tamms (1959) humiditetskarta (s. 7). Snöupplagringen, som ytterst beror av temperaturen, gör sig alltmer gällande norrut. Följande diagram (fig. 19, Ångström 1958) visar detta. Flödena blir mera utdragna ju längre söderut man befinner sig. Orsaken härtill är att temperaturstegringen går långsammare söderut än norrut.

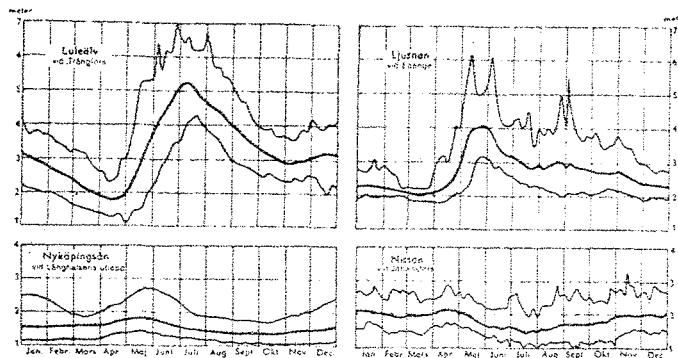


Fig. 19

(b) Områdets storlek, topografi och markgenomsläpplighet. På grund av olika strömningsavstånd till ett vattendrag ökar landskapets utjämnande

effekt med vattendragets längd och områdets storlek. I backig terräng är variationerna större än på slät mark. Vidare ger liten markgenomsläpplighet snabbare avrinning och stor genomsläpplighet långsammare avrinning (jfr fig. 17).

(c) Markens kulturtillstånd. Man kan ur avrinningssynpunkt skilja mellan skogsmark, åkermark och tätbebyggd mark. Ifråga om skogsmark kommer ofta endast en relativt obetydlig del av nederbörden marken tillgodo. Nederbörden kan nämligen till stor del bli kvar i trädens bladverk och direkt avdunsta. Därtill är den förna, som bildas i skogsmark, starkt vattenabsorberande. Skogen verkar av dessa skäl utjämnande på avrinningen vilket ytterligare förstärks genom att snösmältningen går långsammare där än i öppen terräng.

Avrinningen från åkermark har större variation än från skogsmark, bland annat beroende på den snabbare snösmältningen. Kultivering av skogsmark till åkermark betyder därför ökad variation i avrinningen.

Ifråga om tätbebyggd mark, ofta med stor procent hårdgjorda ytor, är den utjämnande effekten vanligen obetydlig.

(d) Magasin. Förekomsten av vattenmagasin är av utomordentlig betydelse för vattenhushållningen. Dylika magasin utgöres av sjöar, översvåmningsområden samt moss- och myrmarker. I detta sammanhang kommer begreppet sjöprocent in.

(e) Tekniska ingrepp. De största samlade tekniska ingreppen i vattenreglerande syfte företas i samband med kraftverkens dammanläggningar. Genom det magasinsbehov, som där föreligger kan naturen helt förändras. Vissa restriktioner finns lagstadgade för att skydda lantbruk, fiske och andra intressen. Sålunda fastställs i varje särskilt fall både dämningsgräns och sänkningsgräns. Som exempel kan anföras förhållandena vid sjön Anjan 1955-1956 (fig. 20, efter Nyberg (Ångström 1958)). W avser vattenstånd och Q avrinning; index n hänför sig till naturliga förhållanden, index r till reglerade.

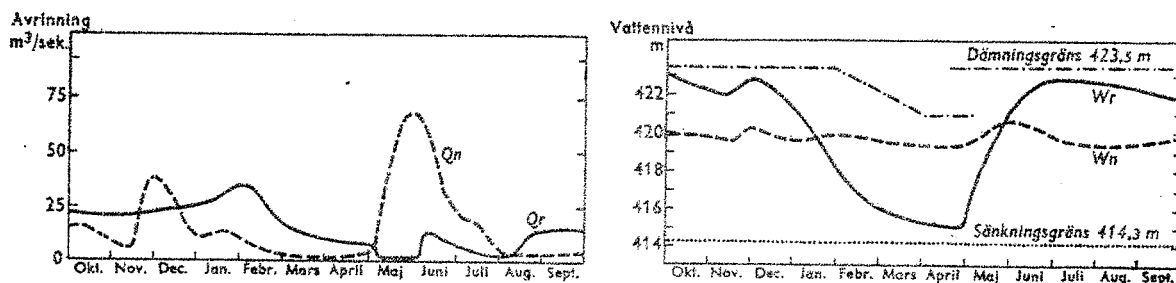


Fig. 20

Även den reglering av vattenfaktorn, som dikningen syftar till, kan innebära stora totala förändringar i vattenhushållningen, även om inverkan av de små företagen kan synas obetydlig. Avsikten med dikningen är att snabbast möjligt avleda skadligt vatten för att öka markens produktivitet. Detta gäller såväl skog som åker.

Litteratur

- Aslyng, H.C., 1965. Evaporation, evapotranspiration and water balance investigations at Copenhagen 1955-64. Acta Agriculturae Scandinavica, 16, 284-300.
- Atlas över Sverige, 1954. Svenska sällskapet för Antropologi och Geografi.
- Brink, N., 1966. Ansvarsfördelningen vid underhåll av vattendrag. Hygienisk Revy, 55, 20-29.
- Colding, A., 1860. Resultaterne af nogle Iagttagelser over forskellige Fugtighedsforhold i Omegnen af Kjøbenhavn. Tidskrift for Landøkonomi.
- Dalton, J., 1802. Experimental essays on the constitution of mixed gases; on the force of steam or vapor from waters and other liquids in different temperatures, both in Torricellian vacuum and in air; on evaporation; and on expansion of gases by heat. Manchester Lit. and Philos. Soc. Mem., 5, 535-602.
- Feilberg, Aa. & Feilberg, C.L., 1955. Kortfattet laerebog i Kulturteknisk vandbygning, p. 208. Landbohøjskolen, Köpenhamn.
- Fitzgerald, D., 1866. Evaporation. Am. Soc. Civil Eng. Trans., 15, 581-646.
- Lang, R., 1920. Verwitterung und Bodenbildung als Einführung in die Bodenkunde. Stuttgart.
- de Martonne, E., 1926. Une nouvelle fonction climatologique: L'Indice d'aridité. La Météorologi, Revue mensuelle de météorologie et du physique du globe.
- Methods of soil analysis, 1965. Part 1, Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. American Society of Agronomy (ed. C.A. Black), Madison.
- Penman, H.L., 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. Roy. Soc. London, 193, 120-145.
- Penman, H.L., 1956. Estimating evaporation. Trans. Am. Geophys. Union., 37, 43-46
- Sandsborg, J., 1966. Studier av nederbördens fördelning inom ett litet slättlandsområde. I. MS, Lantbrukshögskolan, Uppsala.

- Tamm, O.F.S., 1959. Studier över klimatets humiåitet i Sverige. Kungl. Skogshögskolans skrifter, 1959, 1-48.
- Troskolanski, A.T., 1960. Hydrometry, p. 684. Pergamon Press, Oxford.
- Westermann, T., 1922. Undersøgelser over fordampning for ubevokset og bevokset jord. Veterinaer- og Landbohøjskolen, Årsskrift 1922.
- Ångström, A., 1958. Sveriges klimat, 2a uppl., p. 153. Generalstabens litografiska anstalt, Stockholm.